Rozciąganie i skręcanie

naprężenie osiowe $\sigma = \frac{N}{A}$

Średnie naprężenie; pręt obciążony osiowo, bez koncentracji naprężeń.

odkształcenie podłużne $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$

Małe odkształcenia, l > 0.

prawo Hooke'a $\sigma = E\varepsilon$

Jednoosiowy stan naprężenia; zakres liniowej sprężystości.

wydłużenie pręta $\Delta l = \frac{Nl}{EA}$

Pręt jednorodny o stałym przekroju i stałej sile osiowej; liniowo sprężysty.

współczynnik Poissona $\nu = -\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_l}$

Jednoosiowe obciążenie; niezerowe odkształcenie podłużne. Małe odkształcenia w zakresie liniowo sprężystym, przy jednoosiowym obciążeniu. Odkształcenie podłużne mierzymy wzdłuż obciążenia, poprzeczne prostopadle do niego.

związek modułów sprężystości $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$

Stabilny, trójwymiarowy izotropowy materiał liniowo sprężysty: E > 0, G > 0 oraz –1 < ν < 1/2.

prawo Hooke'a przy ścinaniu $\tau = G\gamma$

Małe odkształcenia; liniowa sprężystość. Związek G = E/[2(1 + ν)] wymaga materiału izotropowego w zakresie liniowej sprężystości.

naprężenie ścinające w nitach $\tau = \frac{4F}{nm\pi d^2}$

Każdy nit przenosi taką samą część siły; m = 1 w połączeniu zakładkowym, m = 2 przy dwóch nakładkach. Pomijamy tarcie między blachami i zginanie nitu, a wynik porównujemy z naprężeniem dopuszczalnym k_t.

naprężenie przy skręcaniu wału $\tau = \frac{Tr}{J}$

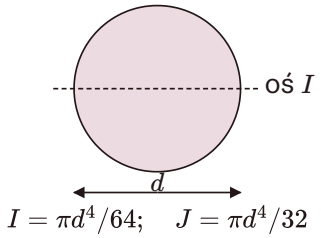
Prosty kołowy wał; sprężyste skręcanie Saint-Venanta, z dala od końców. Punkt musi leżeć w materiale przekroju: dla wału pełnego 0 ≤ r ≤ R, a dla drążonego $r_i \le r \le r_o$.

kąt skręcenia wału $\theta = \frac{Tl}{GJ}$

Stałe T,G,J; wał kołowy, zakres liniowej sprężystości.

moment biegunowy pełnego koła $J = \frac{\pi d^4}{32}$

Kołowy pełny przekrój o średnicy d.



J: względem osi prostopadłej do przekroju, przez środek

Przekrój kołowy: I i J. d — średnica pełnego koła. I dotyczy osi w płaszczyźnie przekroju przez środek; biegunowy J — osi prostopadłej przez środek. Dla koła J = 2I; obu wartości nie stosuj zamiennie.

moment biegunowy pierścienia $J = \frac{\pi(D^4 - d_i^4)}{32}$

Kołowy przekrój rurowy, D > d_i ≥ 0.

Stan złożony i bezpieczeństwo

uogólnione prawo Hooke'a — składowa osiowa $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)}{E}$

Małe odkształcenia; analogicznie dla y i z. Stabilny, izotropowy materiał liniowo sprężysty o skończonych dodatnich modułach: E > 0 oraz –1 < ν < 0,5. Granica ν = 0,5 opisuje idealną nieściśliwość i wymaga osobnego sformułowania modelu.

naprężenia główne w stanie płaskim $\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$

Symetryczny tensor naprężeń; w stanie płaskim trzecie naprężenie główne jest zerem.

naprężenie zredukowane Hubera-Misesa $\sigma_{\mathrm{HMH}} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}$

Płaski stan naprężenia; hipoteza dla materiałów ciągliwych, nie uniwersalne kryterium pękania.

naprężenie zredukowane Treski $\sigma_T = \max\{|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1|\}$

σ_1,σ_2,σ_3 naprężenia główne; porównanie z jednoosiową granicą plastyczności.

współczynnik bezpieczeństwa względem plastyczności

$$n = \frac{R_e}{\sigma_{\mathrm{red}}}$$

Dodatnie wartości, obciążenie statyczne; naprężenie zredukowane według właściwej hipotezy. Nie obejmuje samo zmęczenia ani wyboczenia.

Symbole i jednostki

symbol	znaczenie	jednostka
A	pole przekroju	m^2
d	średnica pełnego wału	m
d_i	średnica wewnętrzna rury	m
D	średnica zewnętrzna rury	m
E	moduł Younga	Pa
F	siła przenoszona przez całe połączenie	N
G	moduł Kirchhoffa	Pa
J	biegunowy moment bezwładności przekroju	m^4
l	długość początkowa	m

symbol	znaczenie	jednostka
Δl	zmiana długości	m
m	liczba płaszczyzn ścinania jednego nitu	1
n	liczba nitów w połączeniu	1
n	współczynnik bezpieczeństwa	
N	siła osiowa	N
r	odległość od osi wału	m
R_e	granica plastyczności	Pa
T	moment skręcający	$\mathrm{N{\cdot}m}$
γ	odkształcenie postaciowe	rad

symbol	znaczenie	jednostka
ε	odkształcenie względne	1
ε_l	odkształcenie podłużne	1
ε_t	odkształcenie poprzeczne	1
ε_x	odkształcenie w osi x	
θ	kąt skręcenia	rad
ν	współczynnik Poissona	1
ν	liczba Poissona	
σ	naprężenie normalne	Pa
σ_1	pierwsze naprężenie główne	Pa

symbol	znaczenie	jednostka
$\sigma_{1,2}$	naprężenia główne	Pa
σ_2	drugie naprężenie główne	Pa
σ_3	trzecie naprężenie główne	Pa
σ_{HMH}, σ_{red}	naprężenie zredukowane	Pa
σ_T	naprężenie zredukowane Treski	Pa
σ_x	naprężenie normalne x	Pa
σ_y	naprężenie normalne y	Pa
σ_z	naprężenie normalne z	Pa
τ, τ_{xy}	naprężenie styczne	Pa